

ESTUDIO GEOQUIMICO PRELIMINAR DE LAS LIDITAS Y PIZARRAS NEGRAS SILURICAS DE LA REGION DE MOURA-BARRANCOS (ZONA DE OSSA-MORENA, SUR DE PORTUGAL)

Bombín-Espino, M.*, Piçarra, J.M.**, Oliveira, J.T.***, Saavedra, J.# y Gutiérrez-Marco, J.C.##.

* Area de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Salamanca 37008 Ingeniería 75, S.A. C/ Velázquez 87. 28006 Madrid

** Instituto Geológico e Mineiro. Dpto. Geol. Apdo. 104, Beja 7802 (Portugal)

*** Instituto Geológico e Mineiro. Dpto. Geol. Apdo. 7586, Alfragide 2720 (Portugal)

I.R.N.A.-C.S.I.C. Apdo. 257, 37071 Salamanca

U.E.I. de Paleontología, Instituto de Geología Económica (C.S.I.C.-U.C.M.), 28040 Madrid

Resumen: Las muestras estudiadas van de liditas a pizarras negras, silúricas. Los datos geoquímicos obtenidos del análisis de más de 60 elementos/muestra (por activación neutrónica y otras técnicas recientes) indican que son productos reciclados de márgenes pasivos formados por erosión de materiales en márgenes destructivos de placas, con una preconcentración de algunos metales de interés económico y cierta influencia volcánica contemporánea.

Palabras clave: Bioestratigrafía, Silúrico, Pizarras Negras, Geoquímica, Origen y Procedencia, Implicaciones Económicas.

Abstract: The studied rocks are black quartz-arenites (lidites) and black shales of Silurian age. More than 60 elements/sample were determined by neutron activation and other recent techniques. According to geochemical features, the original sediments were recycled products from passive margins, formed by erosion of materials at destructive plate margins. There is a preconcentration in some economic metals and some volcanic contemporaneous influence.

Key words: Biostratigraphy, Silurian, Black Shales, Geochemistry, Origin, Economic Concentrations.

INTRODUCCION Y GENERALIDADES

Es un rasgo de carácter mundial la acumulación de algunos elementos de interés económico en pizarras negras. Sin embargo, dista mucho de conocerse el detalle de los procesos que conducen a estas preconcentraciones y los que inciden para dar lugar a depósitos de importancia minera. Este estudio se inscribe dentro de esta finalidad y es complementario a otros que se están desarrollando actualmente bajo tal óptica. Se han elegido dos áreas silúricas, ambas en el sector portugués de Ossa Morena, en base a los conocimientos suficientes que se tienen sobre las asociaciones faunísticas que permiten establecer de manera inequívoca su edad geológica.

Una de ellas, sector de Estremoz-Barrancos (área de Barrancos), es una serie condensada de pizarras negras y liditas en las que se caracteriza una sucesión de biozonas de graptolitos, desde la zona de *Acuminatus* hasta la zona de *Scanicus* (Piçarra y Gutiérrez Marco, 1992). La otra, sector Montemor-Ficalho (área de Moura), también consta de pizarras negras y liditas y sus niveles más altos presentan la zona de *Spiralis*, en las proximidades del límite Llandovery-Wenlock (Piçarra y Gutiérrez Marco, op. cit.). Datos geoquímicos y geológicos en general de estos niveles se dan en otros trabajos (Bombín-Espino et al., en prensa; Bombín-Espino, 1994).

RASGOS GEOQUÍMICOS: PROCEDENCIA Y DEPOSITO

Dado el reducido tamaño de grano de todas las muestras, la clasificación más adecuada se basa en sus rasgos geoquímicos. La conocida clasificación de Pettijohn et al. (1972) no se ha utilizado aquí debido a que los contenidos en Na son muy bajos o inferiores al límite de medida analítica, el valor de $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ no queda definido con precisión y está muy sujeto al error analítico. Estos inconvenientes desaparecen utilizando el diagrama de Herron (1988), $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ - $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$, en el que las rocas quedan clasificadas como se indica en la Tabla I.

La distribución de T.R. con respecto al condrito indica que hay una acumulación de estos elementos en todos los casos, incluyendo las liditas, especialmente acusada en las T.R. ligeras. Se aprecia además anomalía positiva de Eu (Tabla I), cuya interpretación más adecuada implica la influencia de un vulcanismo (Bombín-Espino, op.cit.; Bombín-Espino et al., op. cit.).

La aplicación de diagramas geoquímicos construidos a partir de la composición en elementos mayores, indica que se trata de materiales reciclados de margen pasivo (Bombín-Espino, op. cit.). Sin embargo, estos diagramas (Bhatia, 1983; Roser y Korsch, 1986 y 1988) tienen algunos inconvenientes. Así, el de Bhatia (op. cit.) no discrimina entre margen pasivo y zonas de rift y la posición en el mismo varía con el tamaño de grano de la muestra (Roser y Korsch, 1985). El de Roser y Korsch (1986) es independiente del tamaño de grano, pero, entre los elementos mayoritarios, sólo utiliza tres de ellos y la discriminación no es demasiado grande, necesiéndose la ayuda de otros datos a la hora de establecer procedencia. El empleo de diagramas basados en contenidos en elementos inmóviles (Bhatia, 1985; Bhatia y Crook, 1986; Floyd y Leveridge, 1987; Floyd et al., 1989; Winchester y Max, 1989 y Girty et al., 1993) no permite la clasificación del conjunto de las rocas aquí estudiadas en ningún grupo concreto (arco isla oceánico o continental y margen pasivo o activo), lo que sugiere que no hay un sólo aporte para estos materiales.

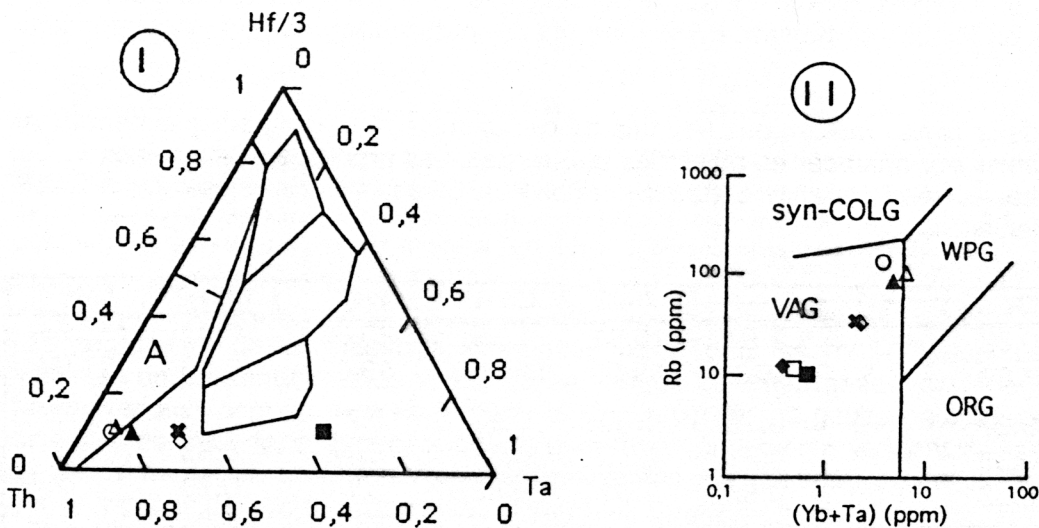


Fig. 1: I: Diagrama Th-Hf-Ta para discriminación de basaltos (Wood et al., 1979). El campo A corresponde a bordes destructivos de series calcoalcalinas. II: Diagramas de discriminación de granitos (Pearce et al., 1984). WPG: granitos intraplaca; ORG: granitos orogénicos; VAG: granitos de arco volcánico y syn-COLG: granitos sin-colisionales.

De acuerdo con las consideraciones de Quinby-Hunt y Wilde (1991) se ha tratado de dilucidar la procedencia de los materiales constituyentes de las pizarras negras según que procedan de rocas graníticas (Pearce et al., 1984) o basálticas (Wood et al., 1979), que son

los materiales ígneos primarios más comunes como fuente, usando los elementos inmóviles en traza típicos de esos dos casos (Fig. 1). Aún teniendo en cuenta los errores analíticos que, en ocasiones, no permiten una ubicación exacta, la procedencia del componente granítico es esencialmente arco volcánico, aunque en algún caso pueda estar cerca del magmatismo de intraplaca. En el diagrama Hf/3-Th-Ta los bajos contenidos en algunas muestras no permiten establecer su situación exacta, pero teniendo en cuenta los valores máximo y mínimo posibles, el componente basáltico sólo puede situarse en las proximidades del vértice Th de Wood et al. (1979); esto es, basaltos calcoalcalinos de márgenes destructivos de placa, en coincidencia con los anteriores. Resultados similares y coincidentes, para los granitoides, se obtuvieron empleando el resto de elementos inmóviles indicados por Pearce et al., op. cit. (Nb-Y, Rb-[Y+Nb], Ta-Yb).

Como se dijo, todas las muestras analizadas contienen fósiles que permiten una clasificación taxonómica precisa. Por esta razón, los minerales constituyentes de estas rocas no son transformaciones diagenéticas de otros anteriores, ya que si así fuera, se hubiesen destruido los finos detalles que presenta la fauna fósil.

La degradación de los materiales ígneos del área fuente conduce a la aparición de minerales tipo illita, clorita, etc. que, al progresar la meteorización (lixiviación creciente de SiO₂ y cationes), dan lugar a caolinita, óxidos de Fe y Ti y, finalmente, en un caso extremo, se llega a movilizar toda la sílice, quedando un residuo de óxidos de Al, más o menos hidratado. Por tanto, una medida del grado de hidrólisis de estas rocas primarias es la relación de las sustancias más resistentes a la meteorización frente a las restantes; teniendo en cuenta las composiciones ideales de los principales minerales que intervienen en el ciclo exógeno se justifican los parámetros, indicados en la Fig. 2A (Saavedra et al., en prep.). En ella se aprecia que los minerales esenciales surgidos en el proceso de erosión del área fuente son illitas (presencia inicial de feldespatos) y, en menor grado, clorita (presencia inicial de ferromagnesianos), muy subordinados con respecto al cuarzo. En la Fig. 2B se constata esto mismo y se pone de relieve que la meteorización del área madre no ha sido muy intensa (proximidad al polo representativo de las rocas originales), lo que a su vez sugiere que el transporte ha sido lo suficientemente corto para que la meteorización no haya llegado a su extremo.

Los datos de la Tabla I indican que hay una fuerte acumulación en algunos elementos, no siempre explicables por aparecer en minerales resistentes. Las preconcentraciones en V, Cu, Pb y U son de bajas a moderadas, mientras que las de Au y Sb son altas y bajas o nulas las de los restantes elementos.

	CN-0	FN-1	FN-1'	FXN-2'	CN-1	FN-0	FXN-1	FXN-2
Sb	0.82	4.27	2.82	10.91	1.36	20.00	0.91	32.73
Au	7.00	75.50	35.50	18.00	195.00	59.00	2.50	31.00
H ₂ O+(%)	0.27	0.19	0.19	1.86	0.52	0.75	3.55	3.92
H ₂ O-(%)	0.38	0.19	0.27	0.52	0.51	0.44	0.85	1.14
Eu/Eu*	0.58	1.00	0.66	1.37	0.82	0.71	0.70	0.64
La/La	17.60	10.63	10.22	82.17	61.73	125.51	188.88	291.50
Lu/Lu	3.94	2.76	3.54	12.60	14.18	30.33	16.69	35.84
Tipo roca	Q-arenita	Q-arenita	Q-arenita	Arenisca	Subarcosa	Sub-litare.	Pizarra	Arcosa
Símbolos	■	✱	▲	◆	□	○	△	◇

Tabla I: Valores de los coeficientes de acumulación de Sb y Au (respecto a la pizarra promedio de Boyle y Jonasson, 1984 y de Boyle, 1979, respectivamente), agua constitucional, humedad, anomalías de Eu (criterios de Evensen et al., 1978), valores de La y Lu normalizados a condritos (Evensen et al., 1978) y tipo de roca (Herron, 1988).

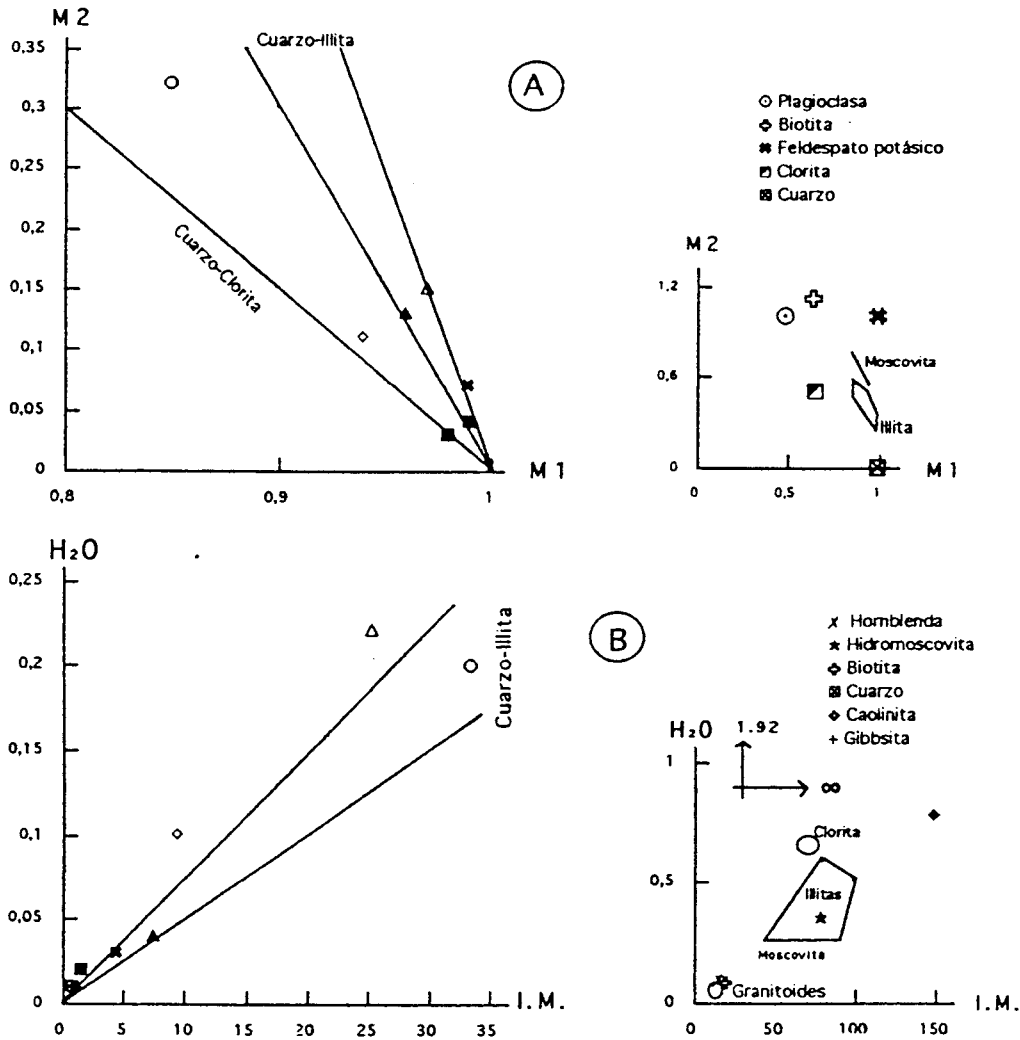


Fig. 2: En A se representan los parámetros $M1 = (Si+Al+H_2O)/(Si+Al+H_2O+Fe+Mg+4Ca+4Na)$ y $M2 = (4Na+4K+4Ca+Fe+Mg)/(Si+Al+H_2O)$. En B, el índice de meteorización $I.M. = (Al_2O_3+TiO_2+H_2O)/(SiO_2+Fe_2O_3+MgO+Na_2O+CaO+K_2O)$ frente al H_2O , todo en proporciones moleculares.

CONCLUSIONES

La geoquímica de las muestras estudiadas indica que las rocas ígneas originales se situaban en un ambiente de arco volcánico en margen continental activo; la degradación de estos materiales condujo, en el Silúrico, al depósito en márgenes pasivos de productos reciclados; durante la sedimentación se manifestó una cierta influencia volcánica. Los sedimentos muestran una preconcentración variable en muchos elementos, a veces muy fuerte en algunos de interés económico, como el Au, Sb y V.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Dr. Robardet de la Universidad de Rennes (Francia) su participación en el desmuestre de las rocas estudiadas y sus opiniones críticas respecto al contenido del texto. Este trabajo se ha financiado parcialmente con el Proyecto nº AMB92-1037-CO2-02 concedido por la CYCYT.

BIBLIOGRAFIA

- Bhatia, M.R. (1983) Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology* 91(6): 611-627.

- Bhatia, M.R. (1985) Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks: provenance y tectonic control. *Sedimentary Geology*, 45: 97-113.
- Bhatia, M.R. & Crook, K.A.W. (1986) Trace element characteristics of graywakes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92: 181-193.
- Bombín-Espino, M. (1994) Concentración de elementos metálicos en las pizarras negras Ordovícicas y Silúricas de los Sinclinales Paleozoicos del Norte de Sevilla (Zona de Ossa Morena) *Tesis de Licenciatura (inédito)* 132 pp. Universidad de Salamanca.
- Bombín-Espino, M., Piçarra, J.M., Saavedra, J., Oliveira, J.T. & Gutiérrez-Marco, J.C. (en prensa, 1995) Estudos geoquímicos preliminares em xistos negros e lidos silúricos da região de Moura-Barrancos (Zona de Ossa Morena, Sul de Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 81.
- Boyle, R.W. (1979) The geochemistry of gold and its deposits. *Canada Geological Survey Bulletin*, 280: 584 pp.
- Boyle, R.W. & Jonasson, I.R. (1984) The geochemistry of antimony and its use as an indicator element in geochemical prospecting. *Journal of Geochemical Exploration*, 20:223-302.
- Evensen, N.M., Hamilton, P.J. & O'Nions, R.K. (1978) Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 1199-1212.
- Floyd, P.A. & Leveridge, B.E. (1987) Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbidites sandstones. *Journal of the Geological Society*, 144: 531-542.
- Floyd, P.A., Winchester, J.A. & Park, R.G. (1989) Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from the early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland. *Precambrian Research*, 45: 203-214.
- Girty, G.H., Hanson, A.D., Yoshinobu, A.S., Knaack, C & Johnson, D. (1993) Provenance of Paleozoic mudstones in a contact metamorphic aureole determined by rare earth element, Th, and Sc analyses, Sierra Nevada, California. *Geology*, 21: 363-366.
- Herron, M.M. (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, 58: 820-829.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. & Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for tectonic interpretations of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.
- Pettijohn F.J., Potter, P.E. & Siever, R. (1972) Sand and sandstones. Springer-Verlag, New York.
- Piçarra, J.M. & Gutiérrez Marco, J.C. (1992) Estudo dos graptólitos silúricos do flanco oriental do anticlinal de Moura-Ficalho (Sector de Montemor-Ficalho, Zona de Ossa Morena, Portugal). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 78, (1): 23-29.
- Quinby-Hunt, M.S. & Wilde, P. (1991) The provenance of low-calcic black shales. *Mineralium Deposita*, 26: 113-121.
- Roser, B.P. & Korsch, R.J. (1985) Discussion and Reply of Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*, 93: 81-84.
- Roser, B.P. & Korsch, R.J. (1986) Determination of tectonic setting of sandstones-mudstones suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology* 94: 635-650.
- Roser, B.P. & Korsch, R.J. (1988) Provenance signatures of sandstones-mudstones suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, 67: 119-139.
- Winchester, J.A. & Max, M.D. (1989) Tectonic setting discrimination in clastic sequences: an example from the Late Proterozoic Erris Group, NW Ireland. *Precambrian Research*, 45: 191-201.
- Wood, D.A., Joron, J.L. & Treuil, M. (1979) A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. *Earth and Planetary Science Letters*, 45: 326-336.